



Atomkraftsmikroskopi

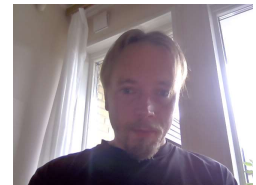
Nanomaterial Föreläsning 4/4

Andreas Dahlin

adahlin@chalmers.se
<http://www.adahlin.com/>

2021-05-26

Kemi & Material



Översikt

En viktig metod för att avbilda ytor på material. Extra bra för nanostrukturer. Borde kallas "atomkraftsnanoskopi".

Kan även karaktärisera "mjukheten" hos material!

Ingen "kemisk" karaktärisering, men kan även användas för att studera enskilda molekylers beteende och interaktioner.

2021-05-26

Kemi & Material



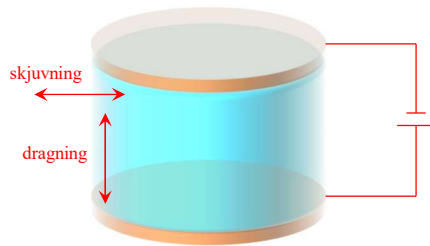


Piezelektricitet

Vissa kristallina material genererar en spänning vid deformation.

Deformationens axel definieras av kristallplanets vinkel relativt fältet.

Man kan även generera en deformation genom spänning!



Wikipedia: Quartz

2021-05-26

Kemi & Material



Piezoscanning

Den piezoelektriska effekten ger låg deformation (ϵ), som mest 0.1%!

Utmärkt för att flytta saker på nanoskala genom ett relativt stort piezoblock (cm).

Total förflyttning endast $\sim 100 \mu\text{m}$ men precision $< 1 \text{ nm}$.



Piezsystem Jena
<http://www.piezsystem.com/>

2021-05-26

Kemi & Material



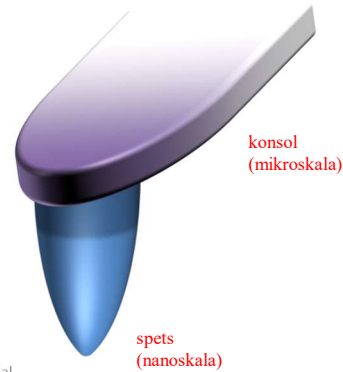


Konsol (Språngbräda)

Spetsen måste vara jättevass (helst en atom längst ut).

Spetsen fästs på en *konsol* bred nog för att reflektera en ljusstråle.

Konsolen kopplas till piezoskannern.



2021-05-26

Kemi & Material



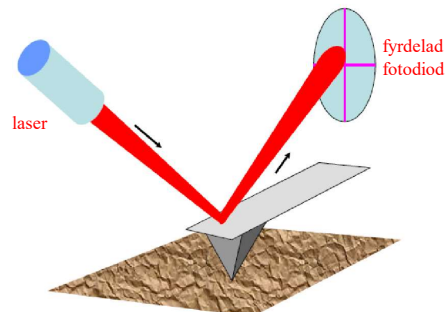
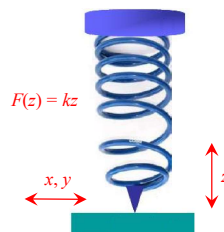
Hookes Lag

Konsolens avböjning antas vara proportionell mot kraften. Mekanisk representation med konsol som en fjäder.

Avböjningen avläses med laser på uppdelad fotodiod.

Piezo ger x , y och z . Spetsen ger kraft $F(z)$ när konsolen är kalibrerad (k är känd).

Feedback mellan piezo och diod!



2021-05-26

Kemi & Material

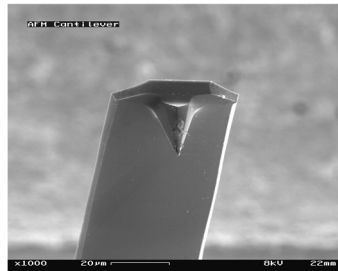




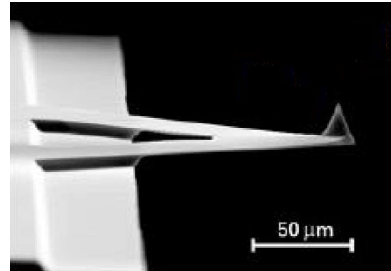
Spetsar

Hårt inert material såsom Si_3N_4 eller SiO_2 .

Ibland görs kemisk ytmodifiering av spetsarna innan experiment!



Wikipedia: Atomic Force Microscopy



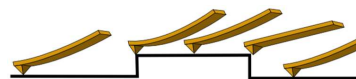
2021-05-26

Kemi & Material



Kontaktläge

- Enklaste skanningsmetoden, direkt kontakt.
- Piezo upprätthåller en konstant avböjning (kraft) i z -led under skanning i x och y .
- Relativt snabb skanning.
- Provet kan skadas av spetsen, eller så fastnar spetsen i provet om det är mjukt.
- Alternativ: skanna i xy med piezo (konstant z) och mät kraften



2021-05-26

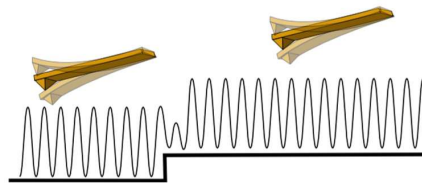
Kemi & Material





Vibrerande Läge

- Hela konsolen vibrerar och spetsen ”nuddar” bara ytan.
- Amplituden för oscillationen minskar vid ytan.
- Feedback loopen piezo gentemot laser bibehåller samma amplitud i oscillationen.
- Relativt långsam skanning.
- Skadar inte provet.
- Viss kontakt för ”intermittent contact mode”.



Kemi & Material

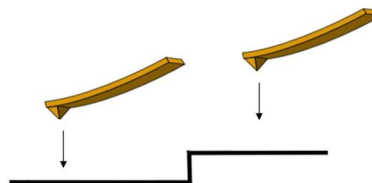


2021-05-26



Intryckningsläge

- Piezo rör sig ned mot ytan och kraften bestäms som funktion av z .
- $F(z)$ mätning upprepas för olika x och y .
- Information om interaktionskrafter mellan spets och yta.
- Betydligt sämre lateral upplösning.
- Mycket långsam avbildning.



Kemi & Material



2021-05-26



Video: Olika Sätt att Skanna

2021-05-26

Kemi & Material



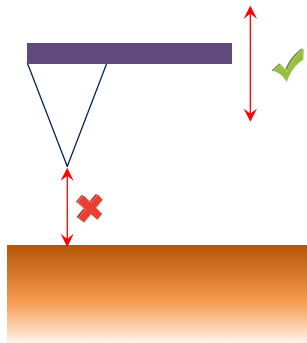
11



Relativa Höjder

Instrumentet kan inte veta var det befinner sig relativt ytan, bara hur det har flyttat sig sedan experimentet startade.

Av denna anledning kan man endast få ut relativa höjder, alltså hur mycket spetsen har förflyttats under experimentet, inte exakt hur långt den är från ytan.



2021-05-26

Kemi & Material



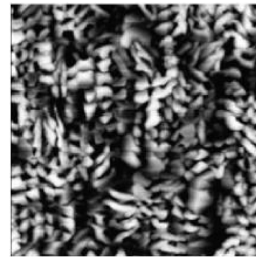
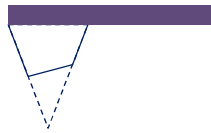
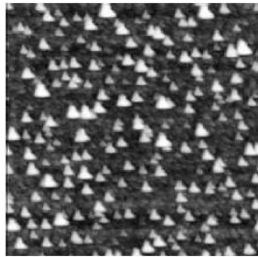
12



Bildartefakter från Spetsen

Trubbig spets: Alla utbuktningar ser likadana ut.

Tvådelad spets: Utbuktningar avbildas flera gånger.



2021-05-26

Kemi & Material



13

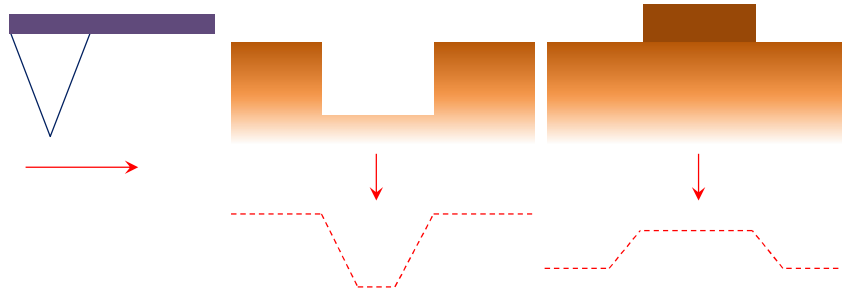


Oundvikliga Bildartefakter

Även om spetsen är ren och har rätt form finns begränsningar.

Hål blir mindre och utbuktningar blir större.

Kan delvis kompenseras för om man vet exakt hur spetsen ser ut.



2021-05-26

Kemi & Material

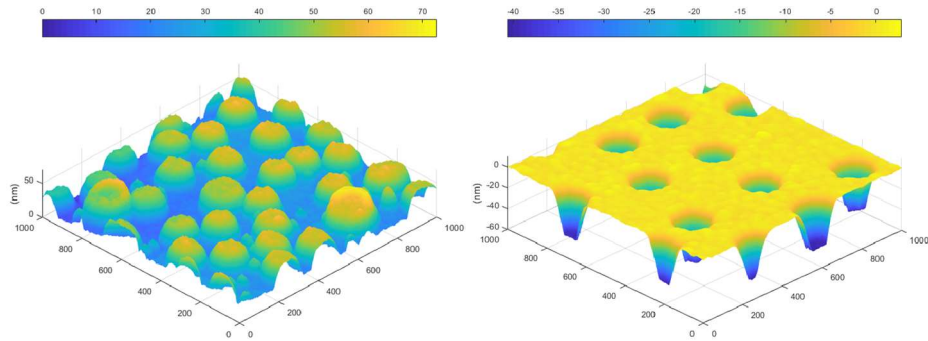


14



Exempeldata: Diskar och Hål

Notera räckvidden för z jämfört med x och y .



2021-05-26

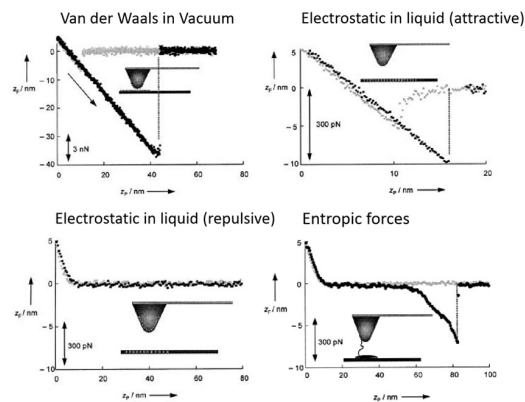
Kemi & Material



Analys av Krafter

Data för intryckning $F(z)$ ger information om krafterna mellan spets och materialets yta.

Vid kontakt dominerar Pauli repulsion ($F \rightarrow \infty$).



Janshoff
Angewandte Chemie 2011

2021-05-26

Kemi & Material





Andra Tillämpningar

Istället för att bara avbilda och mäta krafter kan AFM:

- Skriva mönster som en penna med bläck.
- Flytta runt objekt (t.o.m. atomer).
- Injicera och suga upp vätska (ihållig spets).

Experiment i vätska är fullt möjliga!

2021-05-26

Kemi & Material



17



Vad Kostar Leksaken?

Uppåt 1 miljon SEK beroende på vilka tillbehör och funktioner man vill ha.

Användaren är dock minst lika viktig (och dyr)!



JPK
<http://www.jpk.com/>



Bruker
<http://www.bruker.com/>

2021-05-26

Kemi & Material



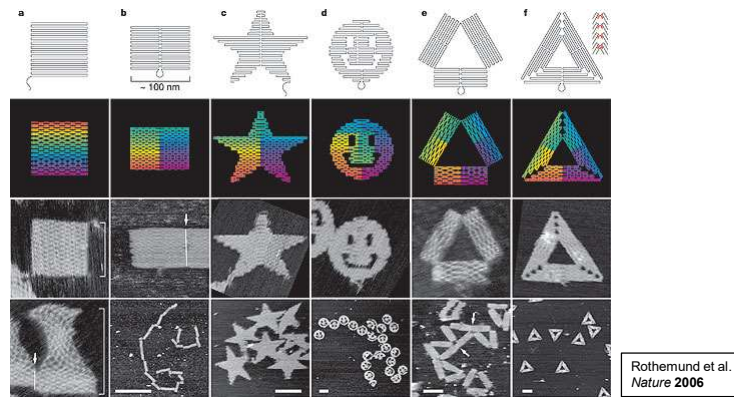
18



Exempel på Högupplöst Avbildning

Avbildning av självupppbyggande DNA strukturer.

Hade varit svårt med elektronmikroskopi...



2021-05-26

Kemi & Material

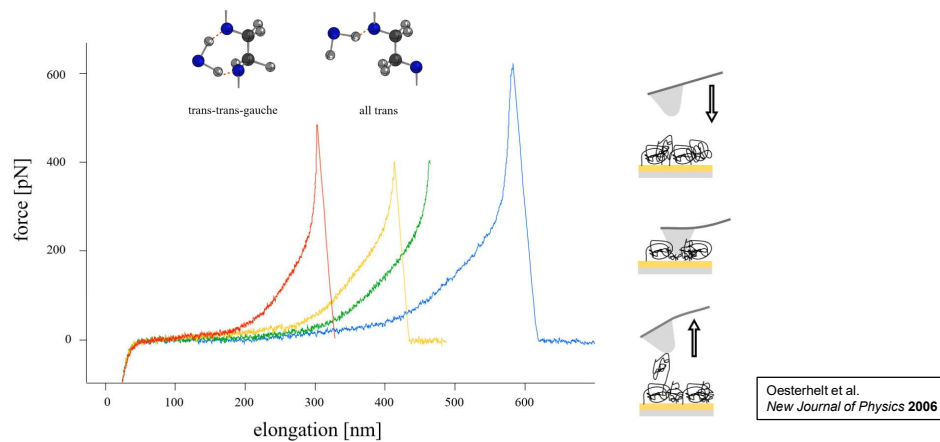


19



Exempel på Kraftanalys

Bestämning av polymerers Kuhn-längd!



2021-05-26

Kemi & Material



20



Video: Höghastighets-AFM

Avbildning av "levande" biologiska nanoporer.